

明細書

水素利用内燃機関

5 技術分野

本発明は、水素利用内燃機関に係り、特に、水素化燃料、車両内で生成した水素リッチガス及び脱水素生成物を燃料として利用することのできる水素利用内燃機関に関する。

10 背景技術

自動車を駆動するための動力源として、従来からガソリンを燃料とするガソリンエンジンが広く利用されている。ガソリンエンジンは、一般に主燃料であるガソリンに空気を混合した混合気体を燃焼させて発動するものであるが、近年この混合気体にさらに水素を添加する技術の実用化が検討されている。

また、自動車用燃料としては、今後ガソリンエンジンや、ディーゼルエンジン、水素エンジンをはじめとする内燃機関のみならず、電気自動車などに搭載される燃料電池等のエンジン以外の水素使用装置においても水素の利用が増加するものと推定される。

ところが、水素の供給方法に関する技術は未だ確立されていないのが現況であり、内燃機関や燃料電池等に水素を供給しようとする場合には、車両に水素または水素を生成するための原燃料を搭載する必要がある。すなわち、水素を搭載する場合には、水素リッチガスを圧縮して高圧に若しくは液状にして充填したボンベ（高圧タンクや液体水素タンクなど）、または水素を吸蔵する水素吸蔵合金や水素吸着材料によって搭載し、原燃料を搭載する場合には、原燃料としてのメタノールまたはガソリン等の炭化水素

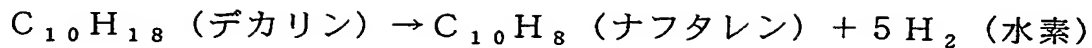
とこの原燃料を水蒸気改質して水素リッチガスを生成する水素生成装置とが搭載される。

しかしながら、車両に水素自体を搭載する場合、高圧タンクに圧縮した状態で搭載すると、高圧タンクは大きいわりに壁厚が厚く内容積を大きく
5 できないために水素充填量が少ない。液体水素として搭載する場合は、気化ロスがあるほか、液化に多大なエネルギーを要するため総合的なエネルギー効率の点で望ましくない。また、水素吸蔵合金や水素吸着材料では、必要とされる水素貯蔵密度が不十分であり、また水素の吸蔵や吸着等を制御するのが非常に困難である。また更に、水素を高圧化、液化したり、吸
10 蔵するのに設備を別途整備する必要もある。

一方、原燃料を搭載する場合は、水素を搭載する場合に比して1回の燃料補給で走行可能な距離が長いという利点を有しており、炭化水素系の原燃料では水素リッチガスとの比較において輸送等の取り扱いが容易であるという利点も有している。また、水素は燃焼しても空中の酸素と結合して
15 水となるだけで公害の心配がない。

例えば炭化水素系物質の1つであるデカリン（デカヒドロナフタレン）は、常温では殆ど蒸気圧がゼロ（沸点が200℃近傍）で取り扱いし易いことから、原燃料としての使用の可能性が期待されている。

デカリンの脱水素化方法としては、デカリンをコバルト、ロジウム、イ
20 リジウム、鉄、テルニウム、ニッケル、および白金の中から選ばれる少なくとも1種の遷移金属を含有する遷移金属錯体の存在下で光照射し、デカリンから水素を離脱させる方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。また、有機リン化合物のロジウム錯体の存在下、または有機リン化合物とロジウム化合物との存在下に、デカリンに光照射することによりデカリン
25 から水素を製造する方法が知られている（例えば、特許文献2参照）。デカリンの脱水素反応は以下のように行なわれる。



また、原燃料として、デカリンやシクロヘキサンなどの有機ハイドライドを用いた水素燃料供給システムが開示されているものがある（例えば、特許文献 3，4 参照）。

- 5 [特許文献 1] 日本特公平 3 - 9 0 9 1 号公報
 [特許文献 2] 日本特公平 5 - 1 8 7 6 1 号公報
 [特許文献 3] 日本特開 2 0 0 1 - 1 1 0 4 3 7 公報
 [特許文献 4] 日本特開 2 0 0 2 - 2 5 5 5 0 3 公報

10 発明の開示

従って、本発明の第 1 の目的は、上記有機ハイドライドや、ガソリン、軽油等を水素化したもの（以下、「水素化燃料という」）を、直接または、分解して、ガソリンエンジンやディーゼルエンジン、水素エンジンなどの内燃機関に供するシステムを提供することにある。

- 15 また、本発明の第 2 の目的は、有機ハイドライドを含む水素化ガソリンから、水素リッチガスおよび脱水素化ガソリンを生成して、それらを燃料としてを内燃機関に供するシステムを提供することにある。

- 上記第 1 の目的を達成する水素利用内燃機関は、水素化燃料、水素化燃料から脱水素されて得られた脱水素生成物及び水素から選ばれる 1 種又は
20 2 種以上の燃料が供給されて作動する水素利用内燃機関であって、水素化燃料貯留部と、加熱可能に配置された触媒を備え、該水素化燃料貯留部から供給された水素化燃料を加熱された前記触媒上で脱水素反応させる反応手段と、該脱水素反応により生じた水素リッチガスと脱水素生成物とを分離する分離手段と、分離された該脱水素生成物を貯留する脱水素生成物貯
25 留部と、を含んで構成したものである。

また、上記第 2 の目的を達成する水素利用内燃機関は、有機ハイドライ

ドを含む水素化ガソリンを貯留する水素化ガソリタンクと、前記水素化ガソリンを、水素リッチガスと脱水素化ガソリンとに分離する燃料分離手段と、前記水素化ガソリン、前記水素リッチガス、および前記脱水素化ガソリンのうち、少なくとも前記水素リッチガスおよび前記脱水素化ガソリンを、それぞれ単独でまたは同時に、燃料として内燃機関に供給する燃料供給手段と、を備えることを特徴とする。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1実施形態を示す概略構成図である。

10 第2図は、本発明の第1実施形態に係る脱水素反応器を拡大して示す概略図である。

第3図は、本発明の第2実施形態の構成を説明するための図である。

第4図は、水素化ガソリンと脱水素化ガソリンとの間で起こる水素化反応および脱水素化反応の一例を説明するための図である。

15 第5図は、本発明の第2実施形態において実行されるルーチンのフローチャートである。

第6図は、本発明の第2実施形態の変形例の構成を説明するための図である。

20 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して、本発明の水素利用内燃機関の実施形態を説明する。なお、下記の実施形態において、車両にガソリンエンジンを搭載すると共に水素化燃料として水素化ガソリンを用いた場合を中心に説明する。但し、本発明はこれら実施形態に制限されるものではない。

25 (第1実施形態)

本実施形態は、ガソリンを燃料とするガソリンエンジンが搭載された自

動車に脱水素反応器を搭載し、水素化ガソリンを直接エンジンへ送ることもでき、水素化ガソリンを高温触媒の存在下で反応させ、水素リッチガスと脱水素生成物（ガソリン）とし、これらを分離し、任意に選択して、エンジンに供給することもできるものである。また、本実施形態では、脱水素反応により発生した水素リッチガスを排ガスに混合し触媒を通し、排ガスを浄化することも可能である。

本実施形態は、図 1 に示すような構成となっている。以下、この図に従って詳細に説明する。

水素化ガソリンは、外部から水素化燃料貯留部 4 に供給される。水素化燃料貯留部 4 は、後述する水素分離後の脱水素生成物貯留部 3 との共有タンクとなっている。

本態様においては、水素化燃料貯留部 4 からバルブ V 1 と V 2 を経由してポンプ P 1 によりインジェクタ 1 9 から内燃機関に直接水素化ガソリンを供給することもでき、水素化ガソリンを直接内燃機関の燃料とすることができる。

また、水素化ガソリンは、V 1 と V 2 を経由して供給配管 7 にあるポンプ P 2 により脱水素反応器（反応手段） 1 に供給することもできる。

本態様では、エンジンから排出された排出ガスを排気する排気管を取り巻くようにして、脱水素反応器（反応手段） 1 を設けており、その中に触媒 1 1 があり、これはドーナツ型のハニカム担体の各セルの内壁にアルミナコート層を設け、該コート層に触媒たる金属微粒子を担持させたものである。そして、脱水素反応器 1 は、触媒 1 1 に水素化ガソリンを供給するインジェクタ（燃料供給装置） 1 2 を備え、供給された水素化ガソリンを排気ガスの熱（排気熱）で加熱された触媒 1 1 中で脱水素反応させる。

脱水素反応器 1 について、さらに図 2 を参照して説明する。図 2 は、脱水素反応器の触媒 1 1 の斜視図である。この図に示す通り、触媒 1 1 は円

筒に穴を開けたドーナツ状の形状であり、該穴に排気管 13 が貫通できる構造となっている。

排気管 13 は、一端でエンジンのシリンダ 5 と排気バルブ 27 を介して接続され、他端から浄化触媒を介して排出ガスを排気するようになっている（図 1 参照）。

水素化ガソリンインジェクタ 12 は、触媒 11 上に水素化ガソリンを広角に噴霧等して、水素リッチガスを効率良く生成することができる。

一方、排気管 13 の下流側には、排気管 13 に沿うようにして混合気体が通過するための流路 30 が設けられており、発生した混合気体を挿通する場合に、特に混合気体中の脱水素生成物が冷えて凝縮することなく、気体状態のまま挿通できるようになっている。

また、脱水素反応器 1 には、バルブ V3 と水素及び脱水素生成物を排出するための戻し配管 14 の一端とが接続されており、戻し配管 14 によって分離装置 2 と連通されている。

分離装置 2 では、水素及び脱水素生成物が冷却され、脱水素生成物が液化してタンク下部に貯まり水素と分離される。

分離装置 2 の上部には、ポンプ P4 と逆止弁とを備えた水素リッチガスを挿通するための配管 17 の一端が接続されており、底部に配管 10 が接続され、脱水素生成物貯留部 3 に接続している。分離された水素リッチガスは、配管 17 を挿通して分離装置 2 から排出され、また分離装置 2 に貯留された脱水素生成物は、配管 10 を介し脱水素生成物貯留部 3 に導入できるようになっている。

エンジンのシリンダ 5 には、燃料を空気や水素と共に混合ガスとしてシリンダ内に供給するための吸気管 25 と、排出ガスを排気するための排気管 13 とがそれぞれ吸気バルブ 26、排気バルブ 27 を介して接続されている。また、シリンダヘッドには、シリンダ内の混合ガスに点火するため

の点火プラグ 24 が設けられている。

吸気管 25 には、配管 17 の他端に接続された水素供給用インジェクタ 18 と、ポンプ P1 を備えた水素化ガソリン（又は脱水素生成物たるガソリン）を供給するための供給配管 23 の一端に接続されたガソリン供給用インジェクタ 19 とが設けられている。水素供給用インジェクタ 18 は、配管 17 によって分離装置 2 と連通され、吸気管 25 内に水素を添加できるようになっており、またガソリン供給用インジェクタ 19 は、供給配管 23 と連通され、吸気管 25 内にガソリンを供給できるようになっている。これにより、水素およびガソリンを含む混合ガスをシリンダ内に供給することができる。

配管 17 には、水素を貯えると共に水素供給用インジェクタ 18 に水素を供給するバッファタンク 20 と、水素供給用インジェクタ 18 への水素供給圧を所望圧に制御するためのレギュレータ 21 が設けられている。更に、ポンプ P1 とバッファタンク 20 との間には水素供給圧が過大とならないようにリリーフ弁（リリーフバルブ）を備えた迂路が設けられている。

水素化燃料貯留部 4 は、主燃料である水素化ガソリンを貯留し、上部に設けられた供給配管 23 を通じてガソリン供給用インジェクタ 19 に水素化ガソリンを供給できるようになっているが、水素分離後の脱水素生成物貯留部 3 からバルブ V1 を経由して、同様にガソリン供給用インジェクタ 19 にガソリン（脱水素生成物）を供給できるようになっている。

また、排気管 13 における脱水素反応器 1 のさらに下流には、排出ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）濃度を検出する NO_x センサ及び空燃比計測のための A/F センサ、3 元触媒（浄化触媒）の上流側で排出ガス中に水素リッチガスを添加するための水素添加インジェクタ 28、並びにグロープラグが設けられている。

水素添加インジェクタ 24 は、配管 17 と連通するバルブ V4 とポンプ

P 3 とを備えた配管 8 の一端で接続されており、分離装置 2 で分離された水素リッチガスの一部を排気管 1 3 に供給できるようになっている。排気管 1 3 中の排出ガスに水素リッチガスを添加すると共にグロープラグで燃焼させることにより、排気される排出ガスを更に浄化することができる。

5 上記の水素化ガソリンインジェクタ 1 2、水素供給用インジェクタ 1 8、ガソリン供給用インジェクタ 1 9、点火プラグ 2 4、NO_x センサ及び A/F センサ、水素添加インジェクタ 2 4 並びにグロープラグ等は、各々制御装置 (E C U) 6 と電氣的に接続されており、E C U 6 によって制御されている。

10 以下、本実施形態の制御装置 (E C U) 6 による制御について説明する。
なお、ここでは本発明に係る水素リッチガス発生制御のみを説明する。

まず、I G スイッチがオンされると、まずエンジンが始動し、温度センサを用いて触媒 1 1 の温度 T を取り込み、触媒温度 T が予め定められた所定温度 T 0 以下か否かを判断する。このとき、触媒温度 T が所定温度 T 0

15 以下の場合には再度触媒温度 T を取り込み、触媒温度 T が所定温度 T 0 を超えている、あるいは温度 T 0 を超えた場合には、E C U 6 と電氣的に繋がる図示しない制御用ドライバにより各々のインジェクタ 1 2 から予め定めた所定量で水素化ガソリンが供給される。

20 上記の所定温度は、250～500℃、好ましくは250～350℃の間の温度である。この理由は、所定温度が250℃未満であると目的とする脱水素反応の高い反応速度、換言すれば内燃機関や他の水素使用装置の高性能が得られないことがあり、350℃を越えるとカーボンデポジットが生じる可能性を持ち、500℃を越えると実用的でないからである。

25 本実施形態では、I G スイッチがオンされると、ガソリン供給用インジェクタ 1 9 から供給されたガソリン (又は水素化ガソリン) に空気と共に水素添加インジェクタ 1 8 からバッファタンク 2 0 内の水素が添加された。

混合ガスによってエンジンが始動する。始動後シリンダから排出された排出ガスによって排気管 13 が加熱され、担持された触媒が所定の温度にまで達すると、ポンプ P 2 を駆動して水素化燃料貯留部 4 から水素化ガソリンが供給配管 7 を挿通して脱水素反応器 1 の触媒 11 上に供給される。脱水素反応して発生した水素リッチガス（蒸発した残存水素化ガソリンを含んでもよい。）は脱水素生成物と共に排出管 14 を挿通して分離装置 2 に送られる。

分離装置 2 に供給された水素リッチガスは、冷却されると共にガス中の脱水素生成物は液化して水素リッチガスと分離される。分離された水素リッチガスは、配管 17 を挿通してバッファタンク 20 に供給、貯蔵されると共に、配管 17 から分岐する配管 8 と繋がる水素添加インジェクタ 24 から排気管 13 中にも供給される。バッファタンク 20 に供給、貯蔵された水素リッチガスは、ガソリンの供給タイミングに合わせて水素供給用インジェクタ 18 から吸気管 25 に供給される。以上のように、エンジンの排気熱を利用した車両内での水素生成が可能であり、高純度の水素リッチガスを継続的にエンジンに供給することで排出ガスの浄化、低燃費化が実現されると共に、同時に排出ガスに水素添加し、燃焼させることで排出ガスを更に浄化することができる。

車両を停止させてイグニッション（I G）スイッチをオフした場合は、エンジンが停止されると共に、ポンプ P 2 の駆動を停止し水素化ガソリンインジェクタ 12 からの水素化ガソリン供給を停止することにより水素リッチガスの生成を停止させる。水素化ガソリン供給を停止した後も少量の水素リッチガスが発生するため、バルブ V 3 を開き発生した水素リッチガスを分離装置 2 を経由してバッファタンク 20 に貯蔵する。

エンジン停止後脱水素反応器内が冷却された後、脱水素生成物が液化し器内に残った液は、バルブ V 3 を開き分離装置 2 に導入される。脱水素生

成物はここで冷却、凝縮されてタンク底部に沈降、貯留される。

上述した実施形態では、燃料として水素化ガソリンを用いた例を中心に説明したが、既述の水素化ガソリン以外の燃料を用いた場合においても同様である。また、内燃機関として、ガソリンエンジンを例に説明したが、

- 5 本発明はガソリンエンジン以外のディーゼルエンジンや水素エンジン等の内燃機関に適用することもできる。

また、本発明における水素リッチガス生成装置により生成された水素は、ガソリンや軽油等の燃料に水素添加して燃焼させる内燃機関（ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン等）や水素エンジンの燃料として、あるいは
10 車両に搭載された燃料電池などの水素使用装置供給用として用いることができる。

また、上述した実施の形態 1 においては、水素化ガソリン、水素リッチガス、および脱水素生成物の使い分けについて、特に言及していないが、それらは、以下のように使い分けることとしてもよい。すなわち、内燃機関の始動時には、水素リッチガスだけを燃料として供給することとしても
15 よい。冷間時にガソリンが燃料とされる場合には、低温環境下での低い気化性がエミッション特性や始動性を悪化させる原因となる。これに対して、始動時に水素リッチガスのみを燃料とすることとすれば、その影響を排除して、極めて良好な始動性とエミッション特性とを実現することができる。

20 また、内燃機関の始動後は、原則として、水素リッチガスと脱水素生成物とを燃料として内燃機関に供給することとしてもよい。より具体的には、脱水素生成物の残量を監視したうえで、その供給が可能である場合には、ガソリンの供給が要求される状況下では、常に、水素化ガソリンではなく、脱水素生成物を供給することとしてもよい。また、水素リッチガスの残量を
25 を監視したうえで、その供給が可能である場合には、常に、内燃機関に対して水素リッチガスを供給することとしてもよい。

水素化ガソリンは、一般的なガソリンに対して水素を添加したものである。一方、脱水素生成物は、その水素化ガソリンから水素を脱離させたものであり、一般的なガソリンと実質的に同様の成分を有するものである。燃料のオクタン価は、含有成分に対して水素が添加されることにより一般
5 に低下する。このため、水素化ガソリンは、脱水素生成物に比して、低いオクタン価を示し、内燃機関のノッキングをより発生させ易いという特性を有している。

上述したように、ガソリン供給が要求される状況下で、原則として脱水素生成物を燃料とすることによれば、内燃機関のノッキングを抑えること
10 が可能である。このため、このような燃料供給の手法によれば、内燃機関の静粛性や出力特性などを可能な限り向上させることが可能である。

また、ガソリン燃料に対して水素を添加することによれば、燃料の燃焼性を著しく改善することができ、安定した燃焼が確保できる空気過剰率の上限を、その添加がない場合に比して大幅に高めることができる。このため、上述したように、ガソリン燃料に対する水素添加を原則として行うこととすれば、内燃機関の燃費特性を画期的に改善することが可能である。

(第2実施形態)

[実施の形態2の構成]

次に、図3乃至図5を参照して、本発明の実施の形態2について説明する。図2は、本実施形態の水素利用内燃機関の構成を説明するための図である。本実施形態のシステムは、内燃機関40を備えている。内燃機関40には、吸気管42および排気管44が連通している。

吸気管42には、吸入空気量を制御するためのスロットルバルブ46が組み込まれている。スロットルバルブ46の下流には、水素供給用インジェクタ48が配置されている。また、内燃機関40の吸気ポートには、ガ
25 ソリン供給用インジェクタ50が配置されている。これらのインジェクタ

48, 50は、それぞれ実施の形態1における水素供給用インジェクタ48およびガソリン供給用インジェクタ50と同じ構成および機能を有している。

すなわち、水素供給用インジェクタ48は、後述するように、所定の圧力で水素リッチガスの供給を受けており、外部から供給される駆動信号を受けて開弁することにより、その開弁の時間に応じた量の水素リッチガスを吸気管42の内部に噴射することができる。また、ガソリン供給用インジェクタ50も、後述するように、所定の圧力でガソリンの供給を受けており、外部から供給される駆動信号を受けて開弁することにより、その開弁の時間に応じた量のガソリンを吸気ポート内に噴射することができる。

排気管44には、脱水素反応器52が装着されている。また、脱水素反応器52の上部には、水素化ガソリンインジェクタ54が組み付けられている。これらは、何れも実施の形態1における脱水素反応器1及び水素化ガソリンインジェクタ12と、実質的に同様に構成されている。

すなわち、水素化ガソリンインジェクタ54は、後述するように、所定の圧力で水素化ガソリンの供給を受けており、外部から供給される駆動信号を受けて開弁することにより、その開弁の時間に応じた量の水素化ガソリンを脱水素反応器52の内部に供給することができる。また、脱水素反応器52は、排気管44から放射される排気熱を利用して、上記の如く供給される水素化ガソリンを水素リッチガスと脱水素化ガソリンとに分離し、それらをその下部から流出させる機能を有している。

排気管44には、脱水素反応器52の下流において、 O_2 センサ56および NO_x センサ58が組み込まれている。 O_2 センサ56は、排気ガス中の酸素の有無を基礎として、排気空燃比に応じた出力を発するセンサである。また、 NO_x センサ58は、排気ガス中の NO_x 濃度に応じた出力を発するセンサである。これらのセンサ56, 58の下流には、排気ガスを浄

化するための触媒 60 が配置されている。

本実施形態のシステムは、水素化ガソリントank 62 を備えている。水素化ガソリントank 62 は、実施の形態 1 における水素化燃料貯留部 3 に対応するものであり、その中には、一般的なガソリンに比して有機ハイドライドを多量に含む水素化ガソリンが貯留される。ここで、「有機ハイドライド」とは、300℃程度の温度で脱水素反応を起こすHC成分であり、具体的には、既述したようにデカリンやシクロヘキサンがこれに該当する。

通常のハイオクガソリンには、トルエンが40%程度含まれている。トルエンを水素化すると、有機ハイドライドであるメチルシクロヘキサンを生成することができる。つまり、通常のガソリンを原料として、その中に含まれるトルエンを水素化すると、メチルシクロヘキサンを40%程度含有する水素化ガソリンを生成することができる。本実施形態では、便宜上、水素化ガソリントank 62 には、このような組成を有する水素化ガソリンが給油されるものとする。

水素化ガソリントank 62 には、水素化ガソリン供給管 64 が連通している。水素化ガソリン供給管 64 は、その途中にポンプ 66 を備え、その端部において水素化ガソリンインジェクタ 54 に連通している。水素化ガソリントank 62 内の水素化ガソリンは、内燃機関の運転中に、ポンプ 66 により汲み上げられて、所定の圧力で水素化ガソリンインジェクタ 54 に供給される。

水素化ガソリンインジェクタ 54 は、上述した通り、脱水素反応器 52 の上部に組み付けられている。脱水素反応器 52 は、排気熱を利用して水素化ガソリンを処理するための装置である。このため、内燃機関の運転中は、脱水素反応器 52 の内部は、300℃を超える温度に上昇する。

水素化ガソリンインジェクタ 54 は、その内部温度に直接晒されるのを避けるべく、脱水素反応器 52 の上方空間に主要部分が突出するように組

み付けられている。このため、本実施形態のシステムによれば、水素化ガソリンインジェクタ 54 の温度が、不当に高温となることはない。

尚、図 3 に示すシステムでは、水素化ガソリンインジェクタ 54 を空冷することとしているが、その冷却の手法はこれに限定されるものではない。

5 例えば、内燃機関 40 の冷却水を水素化ガソリンインジェクタ 54 の周囲に導くための冷却水通路を設けて、水素化ガソリンインジェクタ 54 を水冷することとしても良い。

脱水素反応器 52 の内部には、反応室が形成されている。水素化ガソリンインジェクタ 54 から噴射された燃料は、その反応室の内部で水素リッチガスと脱水素化ガソリンとに分離され、その底部に導かれる。反応室の底部には、管路 68 を介して、分離装置 70 が連通している。

既述した通り、本実施形態において用いられる水素化ガソリンは、通常
15 のガソリンに含まれているトルエンを、有機ハイドライド化したものである。従って、その水素化ガソリンに脱水素処理を施せば、その結果生成されるのは、水素リッチガスと通常のカソリンである。このため、脱水素反応器 52 から分離装置 7 へは、具体的には、水素リッチガスと、通常のカソリンとの混合物が供給されることになる。

分離装置 70 は、実施の形態 1 における分離装置 2 と同様の構造および機能を有している。すなわち、分離装置 70 は、脱水素反応器 52 から供給される高温の水素リッチガスおよび脱水素化ガソリン(通常のカソリン)
20 を冷却して、それらを分離する機能を有している。分離装置 70 は、内燃機関 40 と同様に冷却水の循環により水冷されている。このため、分離装置 70 は、効率良く水素リッチガス及び脱水素化ガソリンを冷却することができる。

25 分離装置 70 の底部には、冷却されることにより液化した脱水素化ガソリンを貯留しておくための液体貯留スペースが設けられている。また、そ

の貯留スペースの上方には、気体のまま残存する水素リッチガスを貯留するための気体貯留スペースが確保されている。分離装置 70 には、液体貯留スペースに連通するようにガソリン管路 72 が連通していると共に、気体貯留スペースに連通するように水素管路 74 が連通している。

- 5 ガソリン管路 72 は、ガソリンバッファタンク 76 に連通している。ガソリンバッファタンク 76 は、実施の形態 1 における脱水素生成物貯留部 4 に相当するタンクである。図 3 には、水素化ガソリンタンク 62 とガソリンバッファタンク 76 とが離れた位置に配置された構成が示されているが、その構成はこれに限定されるものではない。すなわち、実施の形態 1
- 10 における水素化燃料貯留部 3 および脱水素生成物貯留部 4 の場合と同様に、それらは、単一の筐体に収めることとしてもよい。

- ガソリンバッファタンク 76 には、液量センサ 78 が組み付けられている。液量センサ 78 は、その内部に貯留されている脱水素化ガソリンの液量に応じた出力を発するセンサである。また、ガソリンバッファタンク 7
- 15 6 には、ガソリン供給管 80 が連通している。ガソリン供給管 80 は、その途中にポンプ 82 を備え、その端部においてガソリン供給用インジェクタ 50 に連通している。ガソリンバッファタンク 76 内の脱水素化ガソリンは、内燃機関の運転中に、ポンプ 82 により汲み上げられて、所定の圧力でガソリン供給用インジェクタ 50 に供給される。

- 20 水素管路 74 は、水素バッファタンク 84 に連通している。また、水素管路 74 には、分離装置 70 内の水素リッチガスを水素バッファタンク 84 に圧送するためのポンプ 86 と、ポンプ 86 の吐出側圧力が過大となるのを防ぐためのリリーフ弁 88 が組み込まれている。ポンプ 86 およびリリーフ弁 88 によれば、水素バッファタンク 84 内に、その内圧が過剰と
- 25 ならない範囲で水素リッチガスを送り込むことができる。

 水素バッファタンク 84 は、実施の形態 1 におけるバッファタンク 20

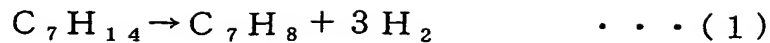
に相当するタンクである。但し、本実施形態では、水素バッファタンク 84 に圧力センサ 90 が組み付けられている。圧力センサ 90 は、水素バッファタンク 84 の内圧に応じた出力を発するセンサである。圧力センサ 90 の出力によれば、水素バッファタンク 84 内に貯留されている水素リッチガスの量を推定することができる。

水素バッファタンク 84 には、水素供給管 92 が連通している。水素供給管 92 は、その途中にレギュレータ 94 を備え、その端部において水素供給用インジェクタ 48 に連通している。このような構成によれば、水素供給用インジェクタ 48 には、水素バッファタンク 84 に水素リッチガスが十分に貯留されていることを条件に、レギュレータ 94 により調整される圧力により水素リッチガスが供給される。

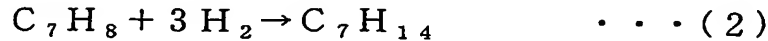
本実施形態のシステムは、図 3 に示すように、ECU 96 を備えている。ECU 96 は、実施の形態 1 における ECU 6 と同様に、本実施形態のシステムを制御する機能を有している。すなわち、ECU 96 には、上述した O_2 センサ 56、 NO_x センサ 58、液量センサ 78 および圧力センサ 90 などの各種センサの出力が供給されている。また、ECU 96 には、上述したポンプ 66、82、86、並びにインジェクタ 48、50、54 などのアクチュエータが接続されている。ECU 96 は、それらのセンサ出力を基礎として所定の処理を行うことにより、上述した各種のアクチュエータを適当に駆動することができる。

[実施の形態 2 の動作の概要]

図 4 は、本実施形態において用いられる水素化ガソリンと脱水素化ガソリンとの間で生ずる基本の反応を説明するための図である。既述した通り、本実施形態では、40%程度含む水素化ガソリンが用いられる。メチルシクロヘキサン C_7H_{14} を 300℃程度に加熱すると、次式に示すような脱水素化反応が生じ、トルエン C_7H_8 と水素 H_2 が生成される。



反対に、トルエン C_7H_8 に水素化処理を施すと、次式に示すような反応が生じ、メチルシクロヘキサン C_7H_{14} が生成される。



5 本実施形態のシステムでは、排気管44の温度が十分に上昇した状態で水素化ガソリンインジェクタ54から脱水素反応器62に水素化ガソリンを供給することにより、その中で上記(1)の脱水素反応を生じさせることができる。その結果、1molのメチルシクロヘキサン C_7H_{14} から1molのトルエン C_7H_8 と3molの水素 H_2 を生成することができる。

10 ところで、本実施形態のシステムは、上述した通り、内燃機関40に対して、脱水素化ガソリン（通常のガソリン）と、水素リッチガスを供給することができる。ガソリンに適量の水素を混合して燃焼させるとすると、水素が添加されない場合に比して筒内での燃焼を十分に安定化させることができ、混合気中の空気過剰率を大幅に高めることができる。

15 燃料の消費量は、混合気の空気過剰率が高いほど少量となる。また、燃料の消費量が少ないほど、当然に排気エミッションは良好となる。このため、混合気中に水素を添加することとすると、その添加がされない場合に比して、内燃機関40の燃費特性及びエミッション特性を画期的に向上させることができる。

20 ところで、混合気中に水素を添加することにより上記の効果を得るためには、ある程度の量の水素を添加することが必要である。具体的には、例えば、ガソリンによる供給熱量の20%程度を水素により供給することとすると、燃費特性やエミッション特性は、効果的に改善することができる。

25 しかしながら、そのような比率を実現するためには、ガソリン1molに対して、3.36molの水素 H_2 が必要となる。通常のガソリン中に含まれるトルエン比率が40%であるとする、そのガソリンを水素化す

ること得られる水素化ガソリン中の1molに含まれるメチルシクロヘキサンは0.4molである。そして、0.4molのメチルシクロヘキサンから生成できる水素 H_2 の量は1.2molである。

つまり、1molの水素化ガソリンを脱水素反応器52に供給すると、
5 1molの通常ガソリンと、1.2molの水素 H_2 が生成される。そして、生成された1molの通常ガソリンを20%の水素添加の条件で消費しようとするれば、3.36molの水素 H_2 が必要となり、結局、 $3.36 - 1.2 = 2.16$ molの水素 H_2 が不足することとなる。

水素化ガソリンが、仮にメチルシクロヘキサンだけを含むものであった
10 としても、つまり、100%のメチルシクロヘキサンであったとしても、1molの水素化ガソリンから生成できる水素量は3molに過ぎない。上述した水素添加に比率によれば、この場合であっても、 $3.36 - 3 = 0.36$ molは水素 H_2 が不足することとなる。このように、水素化ガソリンを原料として水素 H_2 と脱水素化ガソリンを生成し、それらの双方
15 を内燃機関40に供給しようとした場合は、脱水素化ガソリンの生成量に対して、水素の生成量が不足気味になるという傾向が生じ易い。

本実施形態では、原則として、消費される水素 H_2 が脱水素反応器52によって新たに生成されるように水素化ガソリンインジェクタ54による水素化ガソリンの噴射量が決定される。このため、本実施形態のシステム
20 では、原則として、内燃機関40の運転中に水素が不足するような事態が生ずることはない。

ところが、上記の傾向の下で、十分な量の水素を生成しようとするれば、必然的に、脱水素化ガソリンが過剰に生成されることとなる。つまり、混合気中に適量の水素 H_2 を添加しつつ、そこで消費される水素 H_2 が補われ
25 るように水素化ガソリンの脱水素化処理を継続した場合には、脱水素化ガソリンの余剰分が蓄積されて、やがてはガソリンバッファタンク76がガ

ソリンで満たされた状態となる。

ガソリンバッファタンク 76 に脱水素化ガソリンが一杯に貯留された後は、最早脱水素化ガソリンを過剰に生成し続けることはできない。そこで、本実施形態のシステムは、このような状況が形成された場合には、一旦、
5 内燃機関 40 への水素の供給を停止し、かつ、水素化ガソリンの新たな脱水素化処理を停止し、ある程度の期間は脱水素化ガソリンのみを燃料として内燃機関 40 を運転させることとした。そして、ガソリンバッファタンク 76 内に適当なスペースが確保された段階で、再び水素化ガソリンの脱水素処理と、混合気への水素添加とを再開することとした。

10 [実施の形態 2 の具体的処理]

図 5 に示すルーチンでは、先ず、車両の I G スイッチが ON とされているか否かが判別される (ステップ 100)。その結果、 $I G = ON$ の成立が認められない場合は、速やかに今回のルーチンが終了される。

一方、 $I G = ON$ の成立が認められた場合は、次に、内燃機関 40 の温度 T が、脱水素化処理の実行条件を満たしているか、具体的には、 $T_1 \geq T \geq T_0$ の条件を満たしているかが判断される (ステップ 102)。本実施形態のシステムでは、実施の形態 1 の場合と同様の理由により、内燃機関 40 の温度 T が 350°C 以下、かつ、 250°C 以上の場合に限り、脱水素反応器 52 による脱水素化処理を実行することとしている。ここでは、
15 具体的には、温度 T がその条件を満たしているか否かが判別される。

上記ステップ 102 の処理により、 $T_1 \geq T \geq T_0$ の条件が成立していないと判別された場合は、脱水素化処理を実行するための条件が整っていないと判断できる。この場合は、先ず、脱水素化処理が OFF とされ (ステップ 104)。本ステップ 104 の処理が実行されると、水素化ガソリン
25 インジェクタ 54 への駆動信号の供給が停止され、脱水素反応器 52 への水素化ガソリンの供給が禁止される。その結果、水素リッチガスおよび脱

水素化ガソリンの新たな生成が禁止される。

次に、水素 H_2 の噴射が可能であるか否かが判別される（ステップ106）。具体的には、圧力センサ90の出力に基づいて推定される水素 H_2 の残量が、供給可能判定量を超えているか否かが判別される。ここで、「供給可能判定量」とは、水素供給用インジェクタ48に対して、レギュレータ94を介して安定した圧力で水素 H_2 を供給するに足る残量として定められた値である。

上記ステップ106の処理により、水素 H_2 の噴射が可能でないと判別された場合は、内燃機関40を、脱水素化ガソリン、つまり、通常のガソリンのみを燃料として作動させる必要があると判断できる。この場合は、以後、ガソリン噴射制御が実行される（ステップ108）。

ECU96には、脱水素化ガソリンのみが燃料として供給される状況下で内燃機関40を安定に作動させるための制御規則と、脱水素化ガソリンと水素 H_2 とが燃料として供給される状況下で内燃機関40を安定に作動させるための制御規則とが記憶されている。ガソリン噴射制御では、前者の規則に従って、燃料噴射量などの制御パラメータが決定されると共に、ガソリン供給用インジェクタ50のみに作動指令が発せられる。つまり、水素供給用インジェクタ48が停止状態に維持されたまま、脱水素化ガソリンのみが供給される前提の下に内燃機関40の制御が行われる。この場合、内燃機関40において、水素を利用しない一般的な内燃機関と同様の運転状態を実現することができる。

本実施形態において用いられる脱水素化ガソリンは、既述した通り、通常のガソリンと同様の組成を有するものである。但し、通常のガソリンには、微量ながら有機ハイドライドが含まれている。これに対して、ここで用いられる脱水素化ガソリンは、脱水素の処理が施されたものであるから、有機ハイドライドを実質的に含んでいない。つまり、本実施形態において

用いられる脱水素化ガソリンは、通常のカソリンに比して更に高いオクタン価を有するものである。このため、本実施形態のシステムによれば、上述したガソリン噴射制御の実行下においても、厳密には、一般的な内燃機関に比して更に優れた出力特性を得ることができる。

- 5 図5に示すルーチン中、上記ステップ106において、水素 H_2 の噴射が可能であると判断された場合は、水素・ガソリン噴射制御が実行される（ステップ110）。水素・ガソリン噴射制御では、ECU96は、水素 H_2 が添加されることを前提として内燃機関40の制御パラメータを演算し、また、その演算の結果に従って、水素供給用インジェクタ48とガソリン
- 10 供給用インジェクタ50の双方を駆動する。

より具体的には、ここでは、内燃機関40の運転状態を所定の規則に当てはめることにより、水素リッチガスの目標供給量と脱水素化ガソリンの目標供給量とが算出される。そして、それらの算出結果に基づいて、水素供給用インジェクタ48およびガソリン供給用インジェクタ50の双方が

15 算出される。このような制御によれば、混合気に適量の水素 H_2 が添加されることにより、ガソリン噴射制御が実行される場合に比して著しく優れた燃費特性、出力特性、およびエミッション特性を実現することができる。

図5に示すルーチン中、上記ステップ102において、内燃機関40の温度 T が $T1 \geq T \geq T0$ の条件を満たすと判別された場合は、脱水素反応

20 器52により水素化ガソリンを処理するための温度条件が整っていると判断できる。この場合は、次に、ガソリンバッファタンク76内のガソリン量が過剰でないかが判別される（ステップ112）。より具体的には、液量センサ78の出力に基づいて推定される脱水素化ガソリンの量が、ガソリンバッファタンク76の貯留上限量に達してないかが判別される。

- 25 既述した通り、本実施形態のシステムでは、内燃機関40に対して水素 H_2 と脱水素化ガソリンの双方が供給される場合には、脱水素化ガソリン

の生成量が過剰となり、ガソリンバッファタンク 7 6 内の貯留量が徐々に増加する傾向が生じ易い。上記ステップ 1 1 2 において、ガソリン量が過剰であると判断された場合は、これ以上脱水素化ガソリンの貯留量が増やせないと判断できる。この場合、先ず、脱水素化処理が OFF とされる（ステップ 1 1 4）。

脱水素化処理が OFF とされると、脱水素反応器 5 2 への新たな水素化ガソリンの供給が禁止され、脱水素化ガソリン及び水素リッチガスの新たな生成が停止される。このため、上記の処理によれば、ガソリンバッファタンク 7 6 内の脱水素化ガソリンが更に増量するのを確実に防ぐことができる。

次に、ガソリン優先フラグが ON とされる（ステップ 1 1 6）。ガソリンバッファタンク 7 6 に過剰にガソリンが貯留されている場合は、脱水素化ガソリンの消費を促進することが好ましい。ガソリン優先フラグは、そのような状況下で ON とされるフラグである。従って、ECU 9 6 は、ガソリン優先フラグが ON とされている場合には、混合気への水素 H_2 の添加を停止して、脱水素化ガソリンを優先的に使用すべき事情が生じていることを認知することができる。

図 5 に示すルーチンでは、上記ステップ 1 1 6 の処理に次いで、ガソリン優先フラグが ON とされているか否かが判別される（ステップ 1 1 8）。その結果、ガソリン優先フラグが ON でないと判断された場合は、必ずしも脱水素化ガソリンの消費を優先させる必要がないと判断できる。この場合は、以後、ステップ 1 0 6 以降の処理が実行され、水素 H_2 の供給が可能か否かに基づいて、ガソリン噴射制御、或いは水素・ガソリン噴射制御が実行される。

一方、上記ステップ 1 1 8 において、ガソリン優先フラグが ON であると判別された場合は、水素 H_2 の供給を停止して、脱水素化ガソリンの消

費を促進する必要があると判断できる。この場合は、以後、無条件でステップ108の処理、つまり、ガソリン噴射制御が実行される。

図5に示すルーチン中、上記ステップ112の条件が否定された場合は、ガソリンバッファタンク76に、更なる脱水素化ガソリンの流入を許容するスペースが存在すると判断できる。この場合は、次に、水素バッファタンク84内の水素リッチガス量が過剰でないかが判別される（ステップ120）。より具体的には、圧力センサ90の出力に基づいて推定される水素リッチガスの量が、水素バッファタンク76の貯留上限量に達していないかが判別される。

10 本実施形態のシステムは、原則として、水素の消費量が補われるように脱水素化の処理を進行させる。このため、通常の運転状況下では、水素バッファタンク84内の水素リッチガス量が過剰となることはない。しかしながら、何らかの事情により水素リッチガスの貯留量が過剰となった場合には、新たな水素リッチガスの生成を停止させることが必要である。このため、上記ステップ120において、水素H₂の貯留量が過剰であると判別された場合は、脱水素化処理がOFFとされる（ステップ122）。

また、この場合は、水素バッファタンク84に貯留されている水素リッチガスの消費を促進するべきであるから、ガソリン優先フラグがOFFとされる（ステップ124）。この場合、続くステップ118でガソリン優先フラグがONでないと判断され、次いでステップ106においてH₂の噴射が可能であると判断されるため、水素・ガソリン噴射制御が実行される。その結果、水素リッチガスが過剰に貯留された状態が解消される。

図5に示すルーチン中、上記ステップ120の条件判定が否定された場合は、脱水素化処理を実行するべき条件が整っていると判断できる。この場合は、次に脱水素化処理がONとされる（ステップ126）。脱水素化処理がONとされると、水素化ガソリンインジェクタ54に駆動信号が供給

され、脱水素反応器 5 2 に適量の水素化ガソリンが供給される。その結果、内燃機関 4 0 において燃料として消費される水素リッチガス量を補う量だけの水素リッチガスが新たに生成され、また、その水素リッチガスの生成量に対応した脱水素化ガソリンが新たに生成される。

- 5 ここでは、次に、ガソリンバッファタンク 7 6 内の脱水素化ガソリンの処理が完了したか否かが判別される（ステップ 1 2 8）。E C U 9 6 は、上記ステップ 1 1 2 の処理により、ガソリンバッファタンク 7 6 内のガソリン量が過剰であると判断された場合は、その後、ガソリンの貯留量が処理完了判定値を下回るまでは脱水素化ガソリンの処理が未完であると判断する。
- 10 このような判断がなされた場合は、次に、ガソリン優先フラグが O N とされる（ステップ 1 3 0）。この場合、以後、ステップ 1 0 8 においてガソリン噴射制御が実行されるため、脱水素化ガソリンの優先処理が継続される。

- E C U 9 6 は、ガソリンバッファタンク 7 6 内のガソリン量が上述した
- 15 処理完了判定値を下回ると、上記ステップ 1 2 8 において、脱水素化ガソリンの処理が完了したと判断する。この場合、次にステップ 1 2 4 の処理が実行され、ガソリン優先フラグが O F F とされる。その結果、以後、水素の噴射が可能か否かに応じて、何れの制御を行うかが選択される状態となる。

- 20 以上説明した通り、図 5 に示すルーチンによれば、内燃機関 4 0 の状態、および水素リッチガス並びに脱水素化ガソリンの貯留状態に基づいて、脱水素化ガソリンのみを燃料とする運転モードと、水素及び脱水素化ガソリンを燃料とする運転モードとを適宜切り替えることができる。そして、このような切り替えを行うことにより、2 種類の燃料を使用しつつ、それら
- 25 の消費量の不均衡に影響されることなく、内燃機関 4 0 の出力特性、燃費特性、およびエミッション特性を継続的に良好に維持することが可能とさ

れている。

つまり、本実施形態のシステムによれば、給油の対象を単一の燃料（水素化ガソリン）としつつ、2つの燃料（水素リッチガスと脱水素化燃料）を用いることによる効果を有効に導き出すことができる。また、このシステムによれば、2種類の燃料の消費量が不均衡であっても、その不均衡を車両上で解消することができる。その結果、ここでは、繁雑なメンテナンス作業を必要とせず、かつ、それぞれの燃料の消費量を合わせるための制限を課することなく、2種類の燃料の継続的な使用が可能とされている。

本実施形態のシステムは、以上説明したような特性を有していることから、一般的な内燃機関と同等の取り扱いの容易性を実現することができる。そのうえで、本実施形態のシステムによれば、一般的な内燃機関に比して、極めて優れた燃費特性、出力特性、およびエミッション特性を実現することができる。

ところで、上述した実施の形態2においては、水素化ガソリンに含まれる有機ハイドライドを、説明の便宜上メチルシクロヘキサンに限定しているが、ここで用いる水素化ガソリンは、これに限定されるものではない。すなわち、水素化ガソリンに含まれる有機ハイドライドは、300℃程度で脱水素反応を起こすものであれば良く、非環式や環式の炭化水素、および非環式や環式の含酸素炭化水素などであればよい。具体的には、*n*-ヘキサンや *iso*-オクタンなどの非環式の炭化水素、或いは、シクロヘキサンやデカリンなどの環式化合物、更にはシクロヘキサノールやシクロヘキサンメタノールなどのアルコール類や、メチル-*t*-ブチルエーテルなどのエーテル類などであってもよい。

また、上述した実施の形態2においては、内燃機関40に対して水素リッチガスを単独で噴射するモードを用いていないが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、内燃機関40の始動時等に、水素リッチガ

スを単独で内燃機関 40 に供給する運転モードを採用することとしてもよい。

また、上述した実施の形態 2 においては、分離装置 70 とは別に、脱水素化ガソリンを貯留するためのガソリンバッファタンク 76 を設けること
5 としているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、分離装置 70 の内部に十分な液体貯留スペースが確保できる場合には、ガソリンバッファタンク 76 を省略することとしてもよい。

図 6 は、上記の変形例の構成を示したものである。図 6 に示す構成は、ガソリンバッファタンク 76 が削除されており、ガソリン供給管 80 が分
10 離装置 70 に直接接続されている点、および、脱水素化ガソリンの貯留量を検出するための液量センサ 78 が分離装置 70 に組み込まれている点を除き、図 3 に示す構成と同様である。このような構成によれば、ガソリンバッファタンク 76 が存在しない分だけ、システムを小型化することが可能である。

15 本発明の内容および効果は、以下のように要約することができる。

すなわち、第 1 の発明に係る水素利用内燃機関は、水素化燃料、水素化燃料から脱水素されて得られた脱水素生成物及び水素から選ばれる 1 種又は 2 種以上の燃料が供給されて作動する水素利用内燃機関であって、水素化燃料貯留部と、加熱可能に配置された触媒を備え、該水素化燃料貯留部
20 から供給された水素化燃料を加熱された前記触媒上で脱水素反応させる反応手段と、該脱水素反応により生じた水素リッチガスと脱水素生成物とを分離する分離手段と、分離された該脱水素生成物を貯留する脱水素生成物貯留部と、を含んで構成したものである。

また、第 2 の発明は、第 1 の発明において、前記水素化燃料貯留部に貯
25 留される水素化燃料、前記分離手段によって分離された水素リッチガス、および前記脱水素生成物貯留部に貯留される脱水素生成物の中から、1 種

以上の燃料を任意に選択して内燃機関に供給することのできる燃料供給手段を備えることを特徴とする。

また、第3の発明は、第1または第2の発明において、触媒の担体がハニカム担体であることを特徴とする。

- 5 また、第4の発明は、第3の発明において、ハニカム担体が、セル数 $45 \sim 310$ セル/cm² であり、かつ有機ハイドライド入口直径と奥行長さの比（直径/長さ）が $0.1 \sim 0.5$ である触媒担持用ハニカム担体であることを特徴とする。

- 10 また、第5の発明は、第1乃至第4の発明の何れかにおいて、前記水素化燃料貯留部および前記脱水素生成物貯留部は、何れも伸縮性樹脂材料を用いたものであることを特徴とする。

<水素化燃料>

第1乃至第5の発明の水素利用内燃機関には、水素化燃料を用いる。

- 15 第1乃至第5の発明において、水素化燃料は、有機ハイドライド並びに軽油・ガソリン等の内燃機関燃料に水素を付加したものから選ばれる1種、又は2種以上の混合物をいう。

- 20 ここで、有機ハイドライドとは、脱水素反応により水素を発生し得る飽和炭化水素を含む燃料を意味し、非環式や環式の炭化水素、および非環式や環式の含酸素炭化水素などがこれに該当する。非環式の炭化水素には、例えば、*n*-ヘキサンや *iso*-オクタンが含まれる。また、環式の炭化水素には、例えば、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサンなどの単環式化合物、デカリンなどの2環式化合物が含まれる。更に、含酸素炭化水素には、シクロヘキサノールやシクロヘキサンメタノールなどのアルコール類や、メチル-*t*-ブチルエーテルなどのエーテル類などが含まれる。

- 25 上記の水素化燃料から脱水素されて得られた脱水素生成物とは、上記の有機ハイドライドを脱水素反応して水素を放出した後の反応生成物であり、

例えば、シクロヘキサンの場合には、水素と共に主として生成されるベンゼンが相当する。

前記有機ハイドライドを脱水素反応させると、水素リッチガスと共に、水素の放出により不飽和結合を持つ環状不飽和物が反応生成物として生成
5 される。例えば、シクロヘキサンからなる燃料またはシクロヘキサンを主成分とする燃料を用いた場合には、シクロヘキサンの脱水素反応により、水素リッチガスと共に環状不飽和物としてベンゼンが生成される。

一方、水素化燃料は、石油精製プロセスにおいて、上記のような有機ハイドライドを多く含む留分を改質あるいはブレンド調製することで生成す
10 ることができる。また、軽油・ガソリン等の内燃機関燃料は環式、非環式の不飽和炭化水素を含有しているため、それらに水素を付加することによっても水素化燃料は生成することができる。

水素付加の方法は特に限定されないが、加熱された触媒上で不飽和物等と水素リッチガスを反応させる方法が挙げられる（日本特開2000-2
15 55503号等）。

そして、該環状不飽和物であるベンゼンを水素添加により水素化皮応させたときには、ベンゼンの水素化物であるシクロヘキサンが生成（再生）される。

水素化燃料は、水素化燃料貯留部に供給される。水素化燃料貯留部は、
20 水素化燃料単独のタンクでもよいし、後述する水素分離後の脱水素生成物との共有タンクであってもよい。

第1乃至第5の発明においては、水素化燃料貯留部から内燃機関に直接水素化燃料を供給することができ、水素化燃料を直接内燃機関の燃料とすることができる。

25 <反応手段>

一方、水素化燃料は、加熱可能に配置された触媒を備え、該触媒上で脱

水素反応させる反応手段へと導くこともできる。

このような反応手段は、特に限定されないが、加熱可能なハニカム担体の各セル内に金属触媒層を設け、かつ該触媒に水素化燃料を供給する燃料供給装置を有するものが好ましいものとして挙げられる。

5 ここで用いるハニカム担体は、ステンレス等の金属、セラミック、カーボン等の材質のものが挙げられ、セル数は、 $45 \sim 310$ セル/ cm^2 で、水素化燃料入口直径と奥行長さの比（直径／長さ）が $0.1 \sim 0.5$ である触媒担持用ハニカム担体が好ましい。また、セル1個の断面形状は、特に限定されず、四角、六角、三角等が挙げられる。

10 金属触媒層は、白金、パラジウム、ロジウム、レニウム、ルテニウム及びニッケル等から選ばれる1種又は2種以上の塩又は錯体を含有してなるが、このような触媒とハニカム担体の間にはコート層を設けることが好ましい。コート層は、アルミナ、セリア、ジルコニア、カーボン、ゼオライト、セピオライト及びモルデナイト等から選ばれる1種又は2種以上とバ
15 インダー（アルミナ等を構成する金属元素の水酸化塩又は酸化塩）と水を混練して塗布等することにより、設けることができる。

金属触媒の使用量は、適宜決定すればよいが、ハニカム担体容量1リットル当たり、 $1 \text{ g} \sim 20 \text{ g}$ とすることが好ましい。

触媒の加熱手段は、特に限定されず、内燃機関の発熱を利用してもよい
20 し、排出ガスの熱を利用してもよいし、独自した加熱手段により加熱してもよいが、内燃機関からの排出ガスの熱を利用することが、エネルギーの有効利用の観点から好ましい。

例えば、触媒が排出ガスを排気する排気管を取り巻いて形成されている場合、触媒は排気熱が排気管を熱伝達して加熱される。これにより、内燃
25 機関の廃熱である排気熱、すなわち熱エネルギーの有効利用が可能となるが、例えばガソリンエンジンなど、内燃機関から排出される排出ガスは概

ね 400℃以上にも達するため、排気熱の利用によると脱水素反応を担う触媒温度を脱水素化に必要な 250℃以上に安定的に保持することができる。その結果、別途熱源を設ける必要がなく、装置全体の小型・軽量化が図れると共に、内燃系統におけるエネルギー利用効率を高めることができる。しかも、排気管内において排気抵抗となるものが加わることもないため、内燃機関の性能低下を来すこともない。また、一般に排気管は金属からなるため熱伝導性が高く、排出ガスの排気熱を効果的に触媒に伝達することができる。

燃料供給装置は、解媒に水素化燃料を供給できる位置に設けられ、セル入口に対して水素化燃料を広角に噴霧等して供給可能なように構成することができる。例えば、インジェクタ（噴射装置）などが好適であり、これは制御用のドライバを接続して個々の供給装置ごとに噴射量を適宜コントロールすることができる。また、単一の反応手段に複数の燃料供給装置を設けることができ、好ましくは触媒上に水素化燃料の液膜状態が形成されるように供給される。

反応手段には、反応手段と連通し、かつ反応手段における脱水素反応によって生じた混合気体が通過する流路を、排気管に沿うようにして更に設けることができる。これにより、反応手段で生じた水素リッチガスおよび脱水素生成物を含む混合ガス（水素リッチガス）を高温状態のまま、すなわち脱水素生成物を気体状態のままにでき、容易に管内を挿通させることができる。

内燃機関の排出ガスを排気する排気管は、通常単一の管で構成できるが、単一の管から複数に分岐させて設けることもできる。この場合、分岐された各々の排気管ごとに反応手段を備えることが可能で、車両内に複数の反応手段を設けることができる。その結果、供給可能な水素量を増加することができる。

＜分離手段＞

分離手段は、反応手段において、水素化燃料の脱水素反応で生じた水素リッチガスと脱水素生成物との混合気体から水素リッチガスを分離するものである。

- 5 分離手段としては、該混合気体を熱交換や断熱膨張などで冷却し、脱水素生成物を重力や遠心力で分離する方法や、該混合気体を高分子やPd薄膜等の水素透過膜で分離する方法や、該混合気体を活性炭などの有機物吸着剤に通気し、脱水素生成物を分離する方法などが挙げられる。

＜脱水素生成物＞

- 10 水素リッチガスと分離された脱水素生成物は、脱水素生成物貯留部に貯留される。

脱水素生成物貯留部は、単独でタンクを設ける代わりに、水素化燃料を貯留する水素化燃料貯留部とを含む複室貯留タンクとすることが好ましい。この場合、水素化燃料貯留部と水素リッチガスを分離した脱水素生成物貯留部とのそれぞれが伸縮性樹脂材料を用いたものとするのが好ましい。

15 このようにすれば、単一のタンクに統括することができ、車両などの限られた場所でも設置が可能となり、軽量化も図れる。また、水素リッチガスが除去された脱水素生成物が貯留されるので、水素リッチガスを排出する排出口を設ける必要がない。

- 20 脱水素生成物は、内燃機関に送りこめば、従来のガソリン等の燃料と同様に燃料として使用できる。また、脱水素生成物を回収して、水素化を行ない、水素化燃料として再び用いることもできる。

＜水素リッチガス＞

- 分離手段で分離された水素リッチガスは、内燃機関に供給することができ
- 25 きる。また、水素化燃料又は脱水素生成物とともに内燃機関に供給してもよい。このため、内燃機関の吸気系、燃焼室および排気系の少なくとも一

つに供給する水素供給手段を設けることができる。水素供給手段は、場合により適宜選択でき、例えば、インジェクタ（噴射装置）などが好適である。

上記の目的を達成するために、第6の発明は、水素利用内燃機関であって、有機ハイドライドを含む水素化ガソリンを貯留する水素化ガソリントankと、前記水素化ガソリンを、水素リッチガスと脱水素化ガソリンとに分離する燃料分離手段と、前記水素化ガソリン、前記水素リッチガス、および前記脱水素化ガソリンのうち、少なくとも前記水素リッチガスおよび前記脱水素化ガソリンを、それぞれ単独でまたは同時に、燃料として内燃機関に供給する燃料供給手段と、を備えることを特徴とする。

また、第7の発明は、第6の発明において、前記燃料供給手段は、前記水素化ガソリンを内燃機関に供給するための水素化ガソリン供給手段と、前記水素リッチガスを内燃機関に供給するための水素リッチガス供給手段と、前記脱水素化ガソリンを内燃機関に供給するための脱水素化ガソリン供給手段と、前記水素化ガソリン、前記水素リッチガス、および前記脱水素化ガソリンの中から、燃料として用いるべき1種以上の燃料を選択する燃料選択手段と、選択された燃料が内燃機関に供給されるように、前記水素化ガソリン供給手段、前記水素リッチガス供給手段、および前記脱水素化ガソリン供給手段を制御する燃料供給制御手段と、を備えることを特徴とする。

また、第8の発明は、第7の発明において、ガソリン供給の必要性を判断するガソリン要否判断手段と、前記脱水素化ガソリンの供給可否を判断する脱水素化ガソリン供給可否判断手段とを備え、前記燃料供給制御手段は、ガソリン供給の必要性が認められており、かつ、前記脱水素化ガソリンの供給ができない状況下でのみ、前記水素化ガソリンの内燃機関への供給を許可することを特徴とする。

また、第 9 の発明は、第 8 の発明において、前記水素リッチガスの供給可否を判断する水素リッチガス供給可否判断手段を備え、前記燃料供給制御手段は、前記水素リッチガスおよび前記脱水素化ガソリンの双方が供給可能な状況下では、常にそれらの組み合わせを燃料として内燃機関に供給
5 することを特徴とする。

また、第 10 の発明は、第 6 の発明において、前記燃料供給手段は、前記水素リッチガスを内燃機関に供給するための水素リッチガス供給手段と、前記脱水素化ガソリンを内燃機関に供給するための脱水素化ガソリン供給手段と、前記水素リッチガスおよび前記脱水素化ガソリンの中から、燃料
10 として用いるべき 1 種以上の燃料を選択する燃料選択手段と、選択された燃料が内燃機関に供給されるように、前記水素リッチガス供給手段および前記脱水素化ガソリン供給手段を制御する燃料供給制御手段と、を備えることを特徴とする。

また、第 11 の発明は、第 10 の発明において、前記水素リッチガスを
15 貯留する水素リッチガスタンクと、前記水素リッチガスの残量が供給可能判定量を超えているか否かを判断する水素リッチガス残量判定手段とを備え、前記燃料供給制御手段は、前記脱水素化ガソリンのみが内燃機関に供給されることを前提に、その脱水素化ガソリンの燃料供給量を算出する燃料供給量算出手段を備え、前記水素リッチガスの残量が前記供給可能判定
20 量以下である状況下では、前記燃料供給量算出手段により算出された燃料供給量に従って、前記脱水素化ガソリンのみを内燃機関に供給することを特徴とする。

また、第 12 の発明は、第 10 または第 11 の発明において、前記脱水素化ガソリンを貯留する脱水素化ガソリタンクと、前記脱水素化ガソリン
25 の残量が貯留上限量に達しているか否かを判断する脱水素化ガソリン残量判定手段とを備え、前記燃料分離手段は、前記水素リッチガスの消費量

が補われるように前記水素化ガソリンを前記水素リッチガスと前記脱水素化ガソリンとに分離する処理を実行し、前記燃料供給制御手段は、前記脱水素化ガソリンの残量が前記貯留上限量に達する状況下では、前記脱水素化ガソリンのみを内燃機関に供給することを特徴とする。

- 5 第1乃至第5の発明に係る水素利用内燃機関によれば、水素化燃料、水素化燃料から脱水素されて得られた脱水素生成物及び水素から選ばれる1種又は2種以上の燃料を自由に選択して内燃機関に供給でき、エンジン等の内燃機関の吸気系や排気系、燃焼室に水素を供給する場合に、高圧タンクや液体水素タンクなどの搭載や、水素の吸着・吸蔵、燃料の改質による
- 10 ことなく、水素の供給を、水素化燃料の脱水素反応によって生成された水素を用いて行え、エネルギー利用の高効率化、装置全体の小型化、軽量化が図れると共に、クリーンなシステムを構築することができる。

- 第6の発明によれば、有機ハイドライドを含む水素化ガソリンだけを給油することにより、車両上で、水素化ガソリン、水素リッチガス、および
- 15 脱水素化ガソリンの3種の燃料を使用可能な状態とすることができる。そして、本発明によれば、少なくとも水素リッチガスと脱水素化ガソリンとを燃料として用いることにより、内燃機関を良好に作動させることができる。

- 第7の発明によれば、水素化ガソリン、水素リッチガス、および脱水素
- 20 化ガソリンの中から、任意の燃料を選択して、必要に応じて内燃機関に供給することができる。このため、本発明によれば、使用燃料の種類に関し
- て高い自由度を得ることができ、様々な状況に適切に対処することができる。

- 第8の発明によれば、ガソリン供給が要求されている場合には、可能な
- 25 限り脱水素化ガソリンを供給することができる。脱水素化ガソリンは高いオクタン価を有している。このため、本発明によれば、内燃機関の耐ノッ

キング特性を高めることができる。

第 9 の発明によれば、水素リッチガスおよび脱水素化ガソリンの双方が供給可能な状況下では、常にその組み合わせで燃料を内燃機関に供給することができる。上記の組み合わせによれば、高い耐ノッキング性能を確保
5 しつつ、優れた燃費特性、優れたエミッション特性を実現することができる。

第 10 の発明によれば、水素化ガソリンを原料として、内燃機関に、水素リッチガスおよび脱水素化ガソリンを供給することができる。このため、本発明によれば、燃料の取り扱いを容易にしながら、高い耐ノッキング性、
10 優れた燃費特性、および優れたエミッション特性を実現することができる。

第 11 の発明によれば、水素リッチガスの残量を監視しておき、水素リッチガスの供給が不可能な状況下では、脱水素化ガソリンのみを内燃機関に供給することで、安定した運転状態を実現することができる。

第 12 の発明によれば、水素リッチガスの消費量が補われるように水素
15 化ガソリンを水素リッチガスと脱水素化ガソリンとに分離させることができる。その結果、脱水素ガソリンが過剰となり、その残量が貯留上限量に達した場合には、内燃機関への水素の供給を止めて、脱水素化ガソリンの供給のみを行うことにより、脱酸素化ガソリンの過剰発生を防ぐことができる。

20 尚、上述した実施の形態 1 においては、脱水素反応器 1 が前記第 1 の発明における「反応手段」に、分離装置 2 が前記第 1 の発明における「分離手段」に、それぞれ相当している。また、バルブ V 1、V 2、ポンプ P 1、P 4、供給配管 23、配管 17、水素供給用インジェクタ 18、ガソリン供給用インジェクタ 19、およびバッファタンク 20 が前記第 2 の発明に
25 おける「燃料供給手段」に相当している。

また、上述した実施の形態 1 においては、水素化燃料貯留部 4 が前記第

6の発明における「水素化ガソリンタンク」に、脱水素反応器1および分離装置2が前記第6の発明における「燃料分離手段」に、バルブV1、V2、ポンプP1、P4、供給配管23、配管17、水素供給用インジェクタ18、ガソリン供給用インジェクタ19、およびバッファタンク20が
5 前記第6の発明における「燃料供給手段」に、それぞれ相当している。

また、上述した実施の形態1においては、バルブV1、V2、ポンプP1、供給配管23、およびガソリン供給用インジェクタ19が前記第7の発明における「水素化ガソリン供給手段」および「脱水素化ガソリン供給手段」に、ポンプP4、配管17、水素供給用インジェクタ18、および
10 バッファタンク20が前記第7の発明における「水素リッチガス供給手段」に、それぞれ相当している。また、ECU6が、内燃機関の運転状態に応じて、供給すべき燃料を選択することにより前記第7の発明における「燃料選択手段」が、その選択に応じてバルブV1、V2、ポンプP1、P2、水素供給用インジェクタ18およびガソリン供給用インジェクタ19を制
15 御することにより前記第7の発明における「燃料供給制御手段」が、それぞれ実現されている。

また、上述した実施の形態1においては、ECU6に、ガソリン供給の必要性を判断させることにより前記第8の発明における「ガソリン要否判断手段」を、脱水素生成物が供給可能な程度に存在しているか否かを判断
20 させることにより前記第8の発明における「脱水素化ガソリン供給可否判断手段」を、それぞれ実現することができる。更に、ここでは、ECU6に、水素リッチガスが供給可能な程度に存在しているか否かを判断させることにより前記第9の発明における「水素リッチガス供給可否判断手段」を実現することができる。

25 また、上述した実施の形態2においては、脱水素反応器52および分離装置70が前記第6の発明における「燃料分離手段」に、ガソリンバッフ

ァタンク 76、ガソリン供給管 80、ポンプ 82、ガソリン供給用インジェクタ 50、ポンプ 86、水素バッファタンク 84、水素供給管 92、および水素供給用インジェクタ 48 が前記第 6 の発明における「燃料供給手段」に、それぞれ相当している。

5 また、上述した実施の形態 2 においては、ポンプ 86、水素バッファタンク 84、水素供給管 92、および水素供給用インジェクタ 48 が前記第 10 の発明における「水素リッチガス供給手段」に、ガソリンバッファタンク 76、ガソリン供給管 80、ポンプ 82、ガソリン供給用インジェクタ 50 が前記第 10 の発明における「脱水素化ガソリン供給手段」に、それぞれ相当している。また、ECU 96 が、上記ステップ 106 および 1
10 12～130 の処理を実行することにより前記第 10 の発明における「燃料選択手段」が、上記ステップ 108 および 110 の処理を実行することにより前記第 10 の発明における「燃料供給制御手段」が、それぞれ実現されている。

15 また、上述した実施の形態 2 においては、ECU 96 が、上記ステップ 106 の処理を実行することにより前記第 11 の発明における「水素リッチガス残量判定手段」が、上記ステップ 108 の処理を実行することにより前記第 11 の発明における「燃料供給量算出手段」が、それぞれ実現されている。更に、ここでは、ECU 96 が、上記ステップ 112 の処理を
20 実行することにより前記第 12 の発明における「脱水素化ガソリン残量判定手段」が実現されている。

産業上の利用可能性

本発明の水素利用内燃機関によれば、水素化燃料、水素化燃料から脱水素されて得られた脱水素生成物及び水素から選ばれる 1 種又は 2 種以上の
25 燃料を自由に選択して内燃機関に供給でき、エンジン等の内燃機関の吸気

- 系や排気系、燃焼室に水素を供給する場合に、高圧タンクや液体水素タンクなどの搭載や、水素の吸着・吸蔵、燃料の改質によることなく、水素の供給を、水素化燃料の脱水素反応によって生成された水素を用いて行え、エネルギー利用の高効率化、装置全体の小型化、軽量化が図れると共に、
- 5 クリーンなシステムを構築することができる。

請求の範囲

1. 水素化燃料、水素化燃料から脱水素されて得られた脱水素生成物及び水素から選ばれる1種又は2種以上の燃料が供給されて作動する水素利用内燃機関であって、

水素化燃料貯留部と、

加熱可能に配置された触媒を備え、該水素化燃料貯留部から供給された水素化燃料を加熱された前記触媒上で脱水素反応させる反応手段と、

該脱水素反応により生じた水素リッチガスと脱水素生成物とを分離する分離手段と、

分離された該脱水素生成物を貯留する脱水素生成物貯留部と、
を備えることを特徴とする水素利用内燃機関。

2. 前記水素化燃料貯留部に貯留される水素化燃料、前記分離手段によって分離された水素リッチガス、および前記脱水素生成物貯留部に貯留される脱水素生成物の中から、1種以上の燃料を任意に選択して内燃機関に供給することのできる燃料供給手段を備えることを特徴とする請求項1記載の水素利用内燃機関。

3. 触媒の担体がハニカム担体であることを特徴とする請求項1または2記載の水素利用内燃機関。

4. ハニカム担体が、セル数45～310セル/cm²であり、かつ有機ハイドライド入口直径と奥行長さの比（直径／長さ）が0.1～0.5である触媒担持用ハニカム担体であることを特徴とする請求項3記載の水素利用内燃機関。

5. 前記水素化燃料貯留部および前記脱水素生成物貯留部は、何れも伸縮性樹脂材料を用いたものであることを特徴とする請求項1乃至4の何れか1項記載の水素利用内燃機関。

5

6. 有機ハイドライドを含む水素化ガソリンを貯留する水素化ガソリンタンクと、

前記水素化ガソリンを、水素リッチガスと脱水素化ガソリンとに分離する燃料分離手段と、

10

前記水素化ガソリン、前記水素リッチガス、および前記脱水素化ガソリンのうち、少なくとも前記水素リッチガスおよび前記脱水素化ガソリンを、それぞれ単独でまたは同時に、燃料として内燃機関に供給する燃料供給手段と、

を備えることを特徴とする水素利用内燃機関。

15

7. 前記燃料供給手段は、

前記水素化ガソリンを内燃機関に供給するための水素化ガソリン供給手段と、

前記水素リッチガスを内燃機関に供給するための水素リッチガス供給手

20 段と、

前記脱水素化ガソリンを内燃機関に供給するための脱水素化ガソリン供給手段と、

前記水素化ガソリン、前記水素リッチガス、および前記脱水素化ガソリンの中から、燃料として用いるべき1種以上の燃料を選択する燃料選択手

25 段と、

選択された燃料が内燃機関に供給されるように、前記水素化ガソリン供

給手段、前記水素リッチガス供給手段、および前記脱水素化ガソリン供給手段を制御する燃料供給制御手段と、

を備えることを特徴とする請求項 6 記載の水素利用内燃機関。

5 8. ガソリン供給の必要性を判断するガソリン要否判断手段と、

前記脱水素化ガソリンの供給可否を判断する脱水素化ガソリン供給可否判断手段とを備え、

前記燃料供給制御手段は、ガソリン供給の必要性が認められており、かつ、前記脱水素化ガソリンの供給ができない状況下でのみ、前記水素化ガ
10 ソリンの内燃機関への供給を許可することを特徴とする請求項 7 記載の水素利用内燃機関。

9. 前記水素リッチガスの供給可否を判断する水素リッチガス供給可否判断手段を備え、

15 前記燃料供給制御手段は、前記水素リッチガスおよび前記脱水素化ガソリンの双方が供給可能な状況下では、常にそれらの組み合わせを燃料として内燃機関に供給することを特徴とする請求項 8 記載の水素利用内燃機関。

10. 前記燃料供給手段は、

20 前記水素リッチガスを内燃機関に供給するための水素リッチガス供給手段と、

前記脱水素化ガソリンを内燃機関に供給するための脱水素化ガソリン供給手段と、

前記水素リッチガスおよび前記脱水素化ガソリンの中から、燃料として
25 用いるべき 1 種以上の燃料を選択する燃料選択手段と、

選択された燃料が内燃機関に供給されるように、前記水素リッチガス供

給手段および前記脱水素化ガソリン供給手段を制御する燃料供給制御手段と、

を備えることを特徴とする請求項 6 記載の水素利用内燃機関。

5 1 1. 前記水素リッチガスを貯留する水素リッチガスタンクと、

前記水素リッチガスの残量が供給可能判定量を超えているか否かを判断する水素リッチガス残量判定手段とを備え、

前記燃料供給制御手段は、

10 前記脱水素化ガソリンのみが内燃機関に供給されることを前提に、その脱水素化ガソリンの燃料供給量を算出する燃料供給量算出手段を備え、

前記水素リッチガスの残量が前記供給可能判定量以下である状況下では、前記燃料供給量算出手段により算出された燃料供給量に従って、前記脱水素化ガソリンのみを内燃機関に供給することを特徴とする請求項 1 0 記載の水素利用内燃機関。

15

1 2. 前記脱水素化ガソリンを貯留する脱水素化ガソリンタンクと、

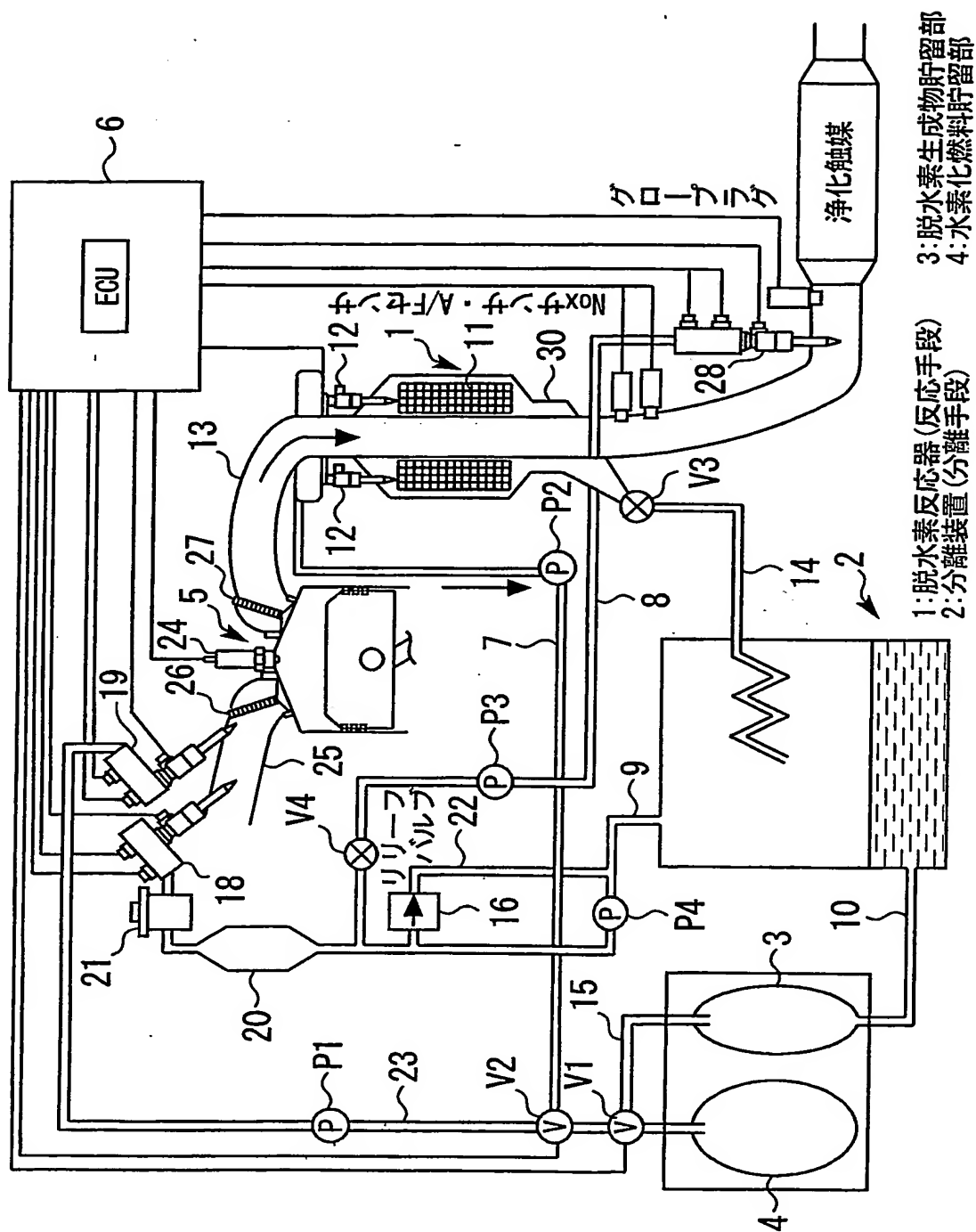
前記脱水素化ガソリンの残量が貯留上限量に達しているか否かを判断する脱水素化ガソリン残量判定手段とを備え、

20 前記燃料分離手段は、前記水素リッチガスの消費量が補われるように前記脱水素化ガソリンを前記水素リッチガスと前記脱水素化ガソリンとに分離する処理を実行し、

前記燃料供給制御手段は、前記脱水素化ガソリンの残量が前記貯留上限量に達する状況下では、前記脱水素化ガソリンのみを内燃機関に供給することを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 記載の水素利用内燃機関。

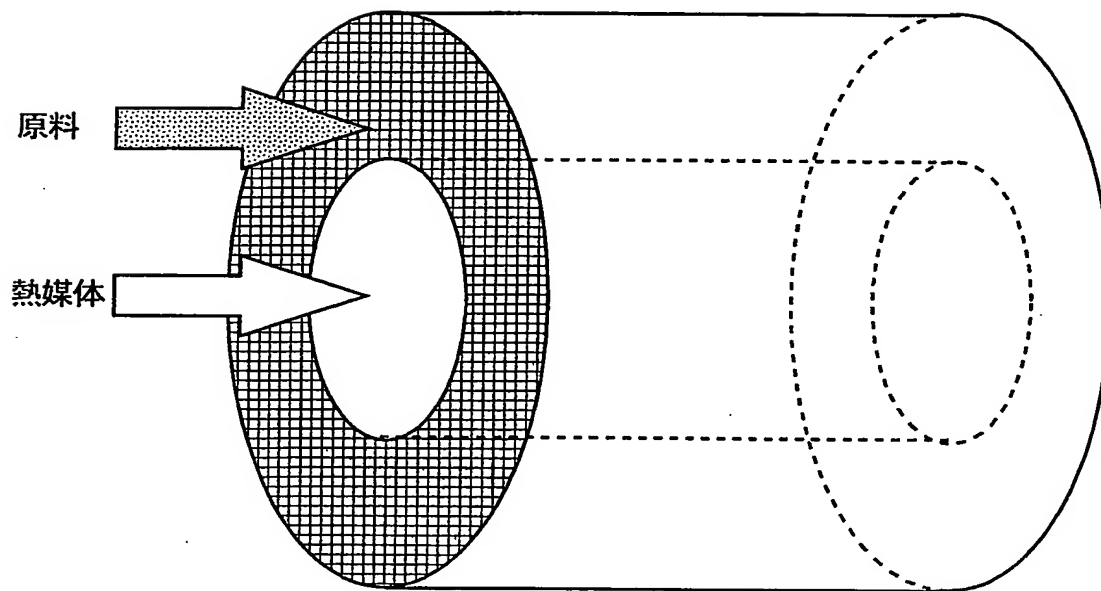
25

第1図

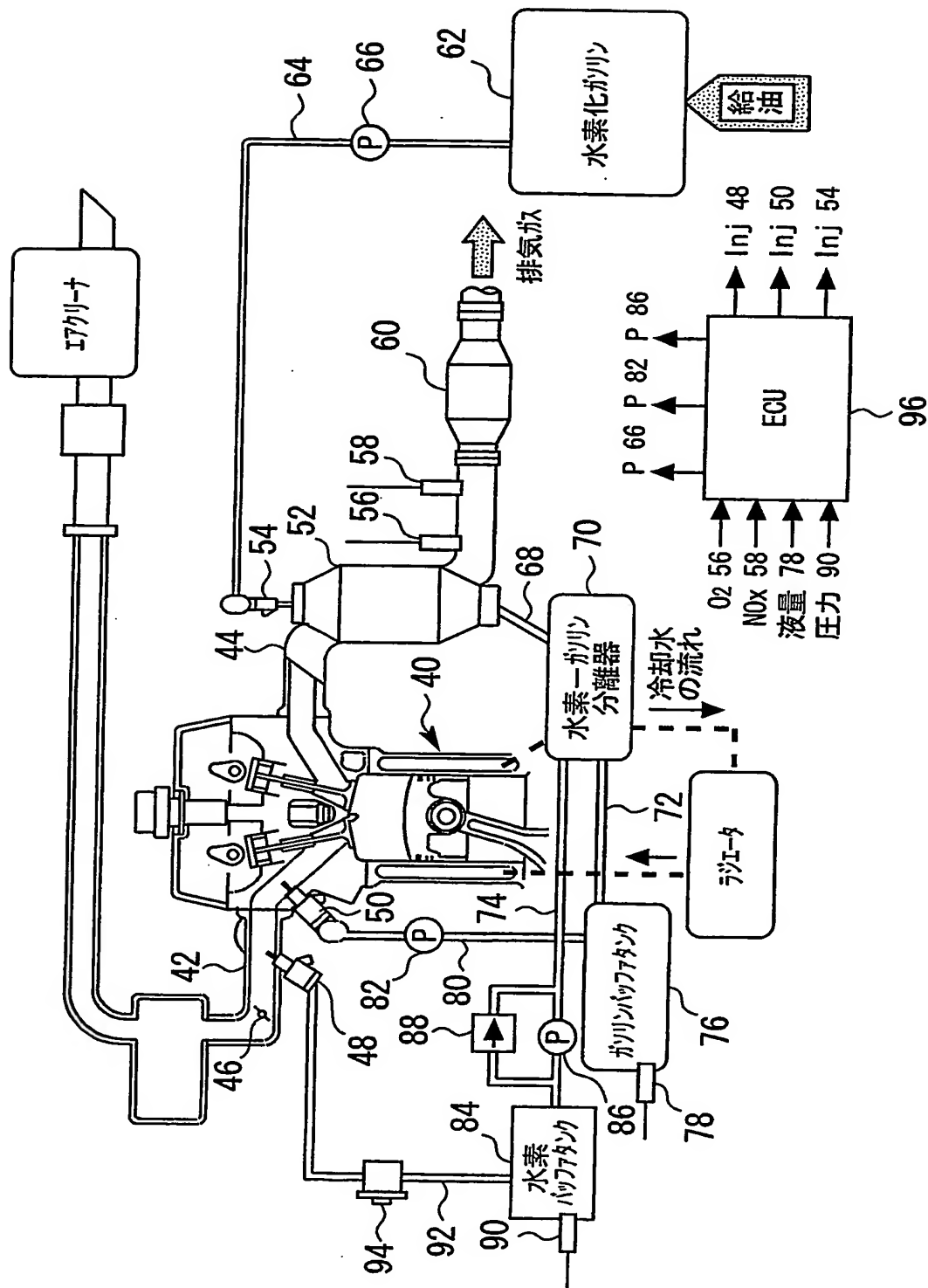


第2図

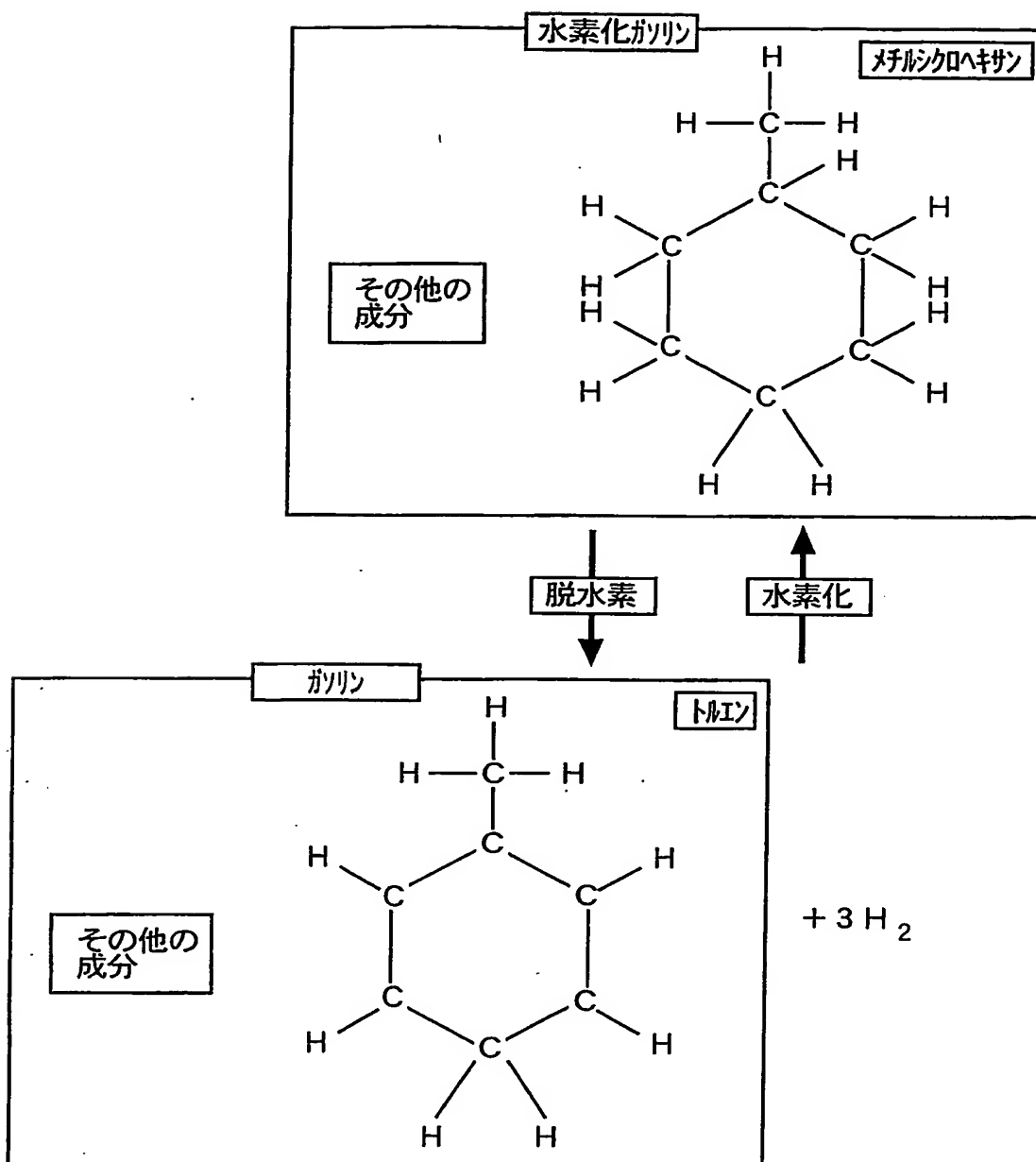
ドーナツ型ハニカム



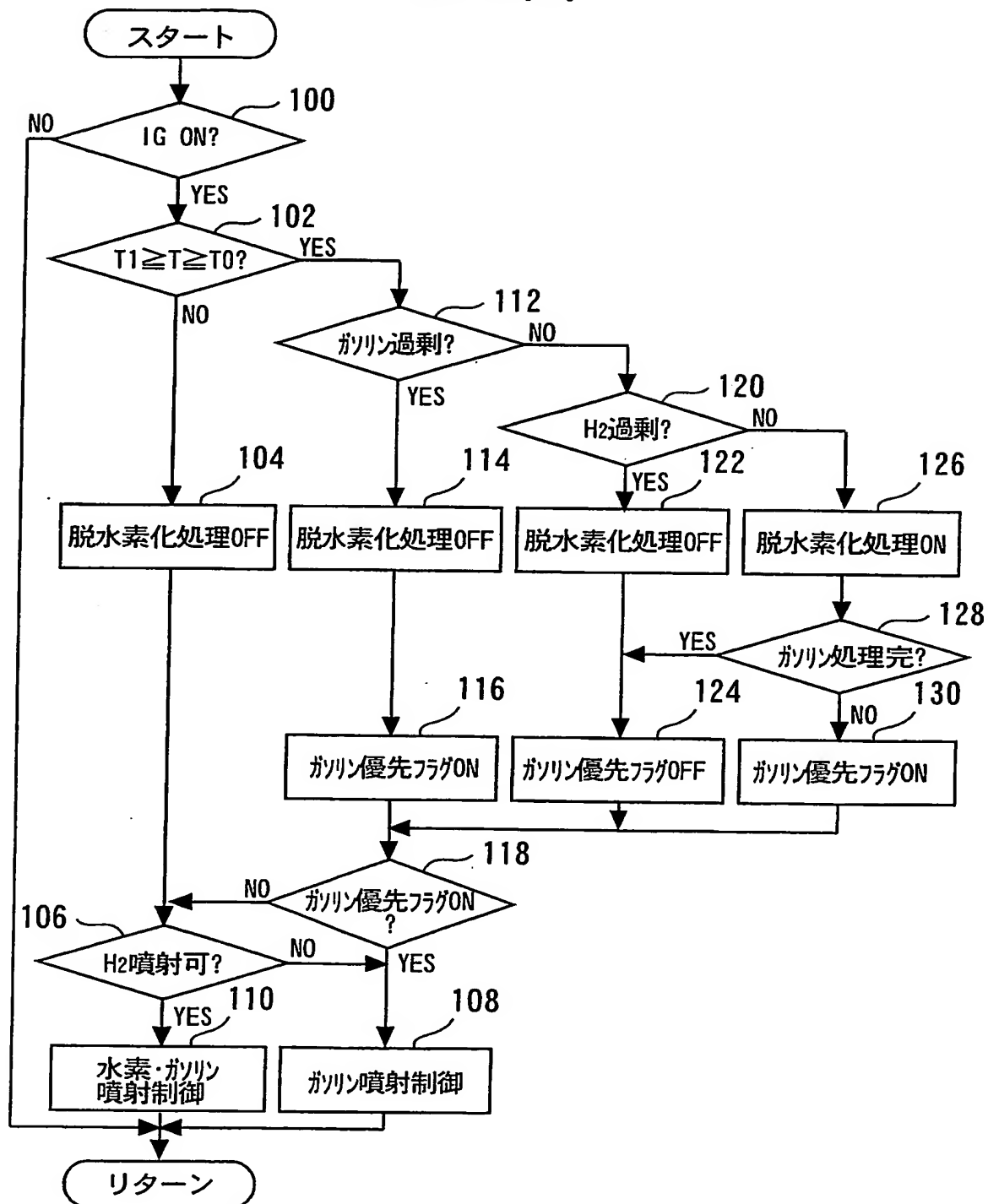
第3図



第4図



第5図



第 6 図

